

PERENCANAAN DASAR BANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) KALIBEKER KABUPATEN WONOSOBO

Tinawati¹⁾, Agus Hari Wahyudi²⁾, Solichin³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : tinawati91@gmail.com

Abstract

The power source is still dominated by coal will be depleted over time. Indonesia is a country that has a water resources very much, while there are many areas that not have electricity. Hydro Power Plants could be a solution to overcome the problem of shortage of electric current. Hydro power plants (HP) could be a solution to overcome the problem of shortage of electric current. MHP is a power generation system that water and head as the source. This research has purpose to determine basic design of hydro power plants building and determine to amount of electricity has generated by kalibeber hydro power plants. The research using quantitative descriptive method. Location of hidro power plant in Serayu River Kalibeber Village Kecamatan Mojotengah Kabupaten Wonosobo. Kalibeber hydropower potential to set up because the area has a source of water from Serayu river are quite heavy. Analysis of 50 annual flood discharge is calculated using the Nakayasu method with extensive watershed is 130,875 km². The results of the calculations have been done the obtained annual flood discharge 50 is 373,175 m³/sec as a basis for building design dam on Kalibeber hydropower, in order to obtain 5 m high lighthouse, lighthouse radius of 2,5 m, high vertical weir of 16,5 m, weir length of 12,5 m, width weir and shelf megrim pool 32 m. Dependable discharge with 90% probability of 2,07 m³/sec and inflow discharge of Garung hydropower 1,39 m³/sec to using intake design, the channel carrier, mud bag and pensto thus obtained dimensional intake with doors 2 m, 1,4 m high doors, and door number 2 pieces. Building rinse weir with flush door width of 1,5 m, 1 m high flush doors, flush door number 2 pieces. Open channel with a width of 4 m, a height of 1,5 m, 0,6 m height and tilt surveillance channel 1: 1,5. Pockets mud with 8,5 m wide and 70 m long. Bak sedative with a width of 9 m, a length of 27 m and a depth of 4 m sedative tub. Pipe rapidly (penstok) with a diameter of 1,5 m and a thickness of 6 mm. The electrical energy generated by hydropower system Kalibeber with discharge of 3.46 m³ / sec obtained a power of 1218.73 kW and kWh of energy amounting to 438,741.51 during the first 15 days in January. The highest energy produced in December last 15 days of 467,990.94 kWh and smallest energy produced in February last 15 days the average 365,888.34 kWh. Besarnya electrical energy produced each year is 435,848.20 kWh.

Keyword : Flood Discharge, Dependable Discharge, Power of Electrical

Abstrak

Sumber listrik saat ini masih didominasi dengan batu bara yang akan habis seiring berjalannya waktu. Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya air yang sangat melimpah, sementara masih banyak daerah yang tidak dapat menikmati listrik. Pembangkit listrik Tenaga Air (PLTA) bisa menjadi solusi dalam mengatasi masalah kekurangan listrik saat ini. PLTA adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan air dan head sebagai sumbernya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perencanaan dasar (*basic design*) bangunan PLTA dan mengetahui besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh PLTA Kalibeber. Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Lokasi PLTA di Sungai Serayu hulu di Desa Kalibeber Kecamatan Mojotengah Kabupaten Wonosobo. PLTA Kalibeber berpotensi untuk didirikan karena daerah tersebut memiliki sumber air yang berasal dari sungai Serayu yang cukup deras. Analisa debit banjir 50 tahunan dihitung menggunakan Metode Nakayasu dengan luas daerah aliran sungai 130,875 km². Hasil perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh debit banjir 50 tahunan sebesar 373,175 m³/detik sebagai dasar dalam desain bangunan bendung pada PLTA Kalibeber, sehingga diperoleh tinggi mercu 5 m, jari-jari mercu 2,5 m, tinggi vertikal bendung 16,5 m, panjang bendung 12,5 m dan panjang kolam olak 32 m. Debit andalan dengan probabilitas 90% sebesar 2,07 m³/det dan data debit *inflow* PLTA Garung sebesar 1,39 m³/det digunakan untuk desain bangunan pengambilan (*intake*), saluran pembawa, kantong lumpur, bak penenang dan pipa pesat (*penstok*) sehingga diperoleh dimensi *intake* dengan lebar pintu 2 m, tinggi pintu 1,4 m, dan jumlah pintu 2 buah. Bangunan pembilas bendung dengan lebar pintu pembilas 1,5 m, tinggi pintu

pembilas 1 m, jumlah pintu pembilas 2 buah. Saluran terbuka dengan lebar 4 m, tinggi 1,5 m, tinggi jagaan 0,6 m dan kemiringan saluran 1:1,5. Kantong lumpur dengan lebar 8,5 m dan panjang 70 m. Bak penenang dengan lebar 9 m, panjang 27 m dan kedalaman bak penenang 4 m. Pipa pesat (*penstok*) dengan diameter 1,5 m dan tebal 6 mm. Energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTA Kalibeber dengan debit 3,46 m³/detik diperoleh daya sebesar 1.218,73 kW dan energi sebesar 438.741,51 kWh selama 15 hari pertama pada bulan Januari. Energi tertinggi dihasilkan pada bulan Desember 15 hari terakhir sebesar 467.990,94 kWh dan energi terkecil dihasilkan pada bulan Februari 15 hari terakhir 365.888,34 kWh. Besarnya rata-rata energi listrik yang dihasilkan setiap tahun adalah 435.848,20 kWh.

Kata Kunci : Debit Banjir, Debit Andalan, Daya Listrik

PENDAHULUAN

Sumber listrik saat ini masih didominasi dengan batu bara yang akan habis seiring berjalannya waktu. Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya air yang sangat melimpah, sementara masih banyak daerah yang tidak dapat menikmati listrik. Pembangkit listrik Tenaga Air (PLTA) bisa menjadi solusi dalam mengatasi masalah kekurangan listrik saat ini.

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit. Secara teknis air mempunyai tiga komponen utama yaitu air, turbin dan generator. Pada dasarnya air memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*), semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Desa Kalibeber Kecamatan Mojotengah Kabupaten Wonosobo merupakan desa yang direncanakan akan dibangunnya sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Sumber air PLTA ini berasal dari Sungai Serayu hulu. Penelitian ini meneliti perencanaan bangunan sipil pendukung terciptanya sebuah sistem pembangkit listrik tenaga air (PLTA) seperti bendung, bangunan pengambilan, saluran pembawa, kolam pengendap pasir, bak penenang, pipa pesat (*penstok*), dan gedung pembangkit (*powerhouse*).

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pembangkit listrik air pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik (A Insyah Ansori, 2014)

Pembagian Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berdasarkan kapasitas pembangkit dibagi menjadi 4, yaitu PLTA berukuran mikro dengan daya < 100 kW, PLTA dengan daya kapasitas listrik rendah antara 100-1.000 kW, PLTA dengan daya kapasitas listrik menengah antara 1.000-10.000 kW, dan PLTA dengan daya kapasitas listrik tinggi di atas 10.000 kW (Ahmad Perwira M, 2012).

Data hujan diperoleh dari stasiun penakar hujan yang hanya memberikan kedalaman hujan titik dimana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, maka hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama (Bambang Triadmodjo, 2008).

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam perencanaan proyek-proyek penyediaan air terlebih dahulu harus dicari debit andalan (*dependable discharge*), yang tujuannya adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai (Soemarto, 1987).

METODE PENELITIAN

PLTA Kalibeber terletak di Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. Data yang digunakan meliputi: Peta topografi Kabupaten Wonosobo skala 1:25.000, Data hujan harian tahun 2000-2012 dan data klimatologi. Alat bantu yang digunakan meliputi: *software AutoCAD* untuk pengolahan peta dan penggambaran dimensi PLTA Kalibeber, perangkat lunak microsoft excel untuk pengolahan data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan Maksimum Harian Rerata Daerah

Analisis hujan maksimum harian rerata daerah dilakukan dengan metode Polygon Thiessen.

Tabel 1. Nilai Koefisien Thiessen (Ct)

No	Nama Stasiun	Luas DAS	Koefisien Thiessen
		(Ai) (km ²)	(Ct) (%)
1	Mojotengah	35,729	27,3
2	Garung	61,642	47,1
4	Watumalang	33,504	25,6
Jumlah		130,875	100,0

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

Tabel 2. Hujan Daerah Maksimum Tahunan DAS Serayu Hulu

No	Tahun	Sta Mojotengah 0,273		Sta Garung 0,471		Sta Watumalang 0,256		Hujan Daerah Maksimum
		Ri (mm)	Ri.Ci (mm)	Ri (mm)	Ri.Ci (mm)	Ri (mm)	Ri.Ci (mm)	DAS Serayu (mm)
1	2000	126	34,40	109	51,34	77	19,71	105,45
2	2001	116	31,67	67	31,56	94	24,06	87,29
3	2002	105	28,67	73	34,38	68	17,41	80,46
4	2003	123	33,58	112	52,75	97	24,83	111,16
5	2004	116	31,67	105	49,45	81	20,74	101,86
6	2005	104	28,39	114	53,69	98	25,09	107,17
7	2006	129	35,22	64	30,14	114	29,18	94,55
8	2007	168	45,86	175	82,42	83	21,25	149,54
9	2008	209	57,06	93	43,80	110	28,16	129,02
10	2009	229	62,52	76	35,80	95	24,32	122,63
11	2010	106	28,94	97	45,69	175	44,80	119,43
12	2011	96	26,21	75	35,32	94	24,06	85,60
13	2012	123	33,58	75	35,32	112	28,67	97,58

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

Hujan Rencana

Perhitungan hujan rencana dengan metode Log Pearson Type III.

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + k.Sd \dots\dots\dots [1]$$

Tabel 3. Perhitungan Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

No	Periode (Tahun)	k	k.Sd	log Xi + k.Sd	Xt (mm/hr)
1	2	-0,056	-0,004	2,019	104,451
2	5	0,845	0,065	2,088	122,519
3	10	1,333	0,102	2,126	133,562
4	20	1,703	0,131	2,154	142,598
5	25	1,888	0,145	2,168	147,342

6	50	2,253	0,173	2,196	157,155
No	Periode (Tahun)	k	k.Sd	log Xi + k.Sd	Xt (mm/hr)
7	100	2,585	0,199	2,222	166,663
8	200	2,910	0,224	2,247	176,550

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

Intensitas Hujan Pola Agihan Hujan Jam-Jaman

hujan jam-jaman diturunkan dari hujan harian berdasarkan perkiraan lama hujan atau waktu konsentrasi dengan membandingkan persamaan waktu konsentrasi metode Kirpich dan metode ARR (Australian Rainfall and Runoff) yang kemudian dipilih nilai terbesar.

Tabel 4. Intensitas Hujan dengan Periode Ulang Tertentu

t	C (koefisien run off)	0,585	0,152	0,107	0,085	0,072
2		26,82	6,97	4,89	3,89	3,29
5	0,439	31,45	8,18	5,73	4,57	3,86
10		34,29	8,91	6,25	4,98	4,20

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

Tabel 5. Lanjutan Intensitas Hujan dengan Periode Ulang Tertentu

t	C (koefisien run off)	0,585	0,152	0,107	0,085	0,072
20		36,61	9,52	6,67	5,31	4,49
25		37,83	9,83	6,90	5,49	4,64
50	0,439	40,35	10,49	7,36	5,86	4,95
100		42,79	11,12	7,80	6,21	5,24
200		45,33	11,78	8,26	6,58	5,56

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

Analisis Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu. Luas *catchment area* 130,875 km² dan panjang sungan 21,175 km, maka diperoleh debit banjir sebagai berikut :

Tabel 1. Perhitungan Banjir Rancangan.

No	Probabilitas	Kala ulang	Hujan Rancangan (m ³ /det)
1	0,5	2	248,025
2	0,2	5	290,927
3	0,1	10	317,151
4	0,05	20	338,606
5	0,02	25	349,872
6	0,01	50	373,175
7	0,002	100	395,751
8	0,001	200	419,227

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

Evapotranspirasi Potensial

Analisis data evapotranspirasi dimaksudkan untuk mendapatkan perkiraan besaran penguapan yang terjadi diarea penelitian. Perhitungan evapotranspirasi diperoleh dengan menggunakan metode CD Soemarto.

Debit Andalan

Debit andalan dihitung menggunakan metode Mock. Data yang digunakan untuk menghitung debit andalan adalah data hujan dari tahun 2000 sampai 2012. Berdasarkan perhitungan digunakan debit andalan dengan probabilitas 90% sebesar 2,07 m³/detik.

Bendung

Jenis bendung yang dipilih adalah bendung pelimpah dengan mercu bulat. Perhitungan dimensi bendung berdasarkan debit banjir 50 tahunan yaitu 373,175 m³/detik.

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot Be \cdot H^{1,5} \dots\dots\dots [2]$$

- Q = 373,175 m³/det (debit banjir 50 tahunan)
- Be = 29,16 m (lebar efektif bendung)
- g = 9,81 m³/det (gravitasi)
- Cd = 0,99 (koefisien debit)

Berdasarkan persamaan 1, diperoleh tinggi mercu 5 m, jari-jari mercu 2,5 m, tinggi vertikal bendung 16,5 m, panjang bendung 12,5 m.

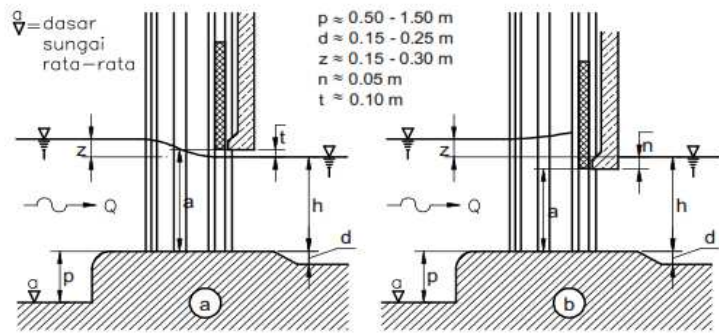
$$L_j = 5 (n + Y_2) \dots\dots\dots [3]$$

- n = 0,6 m (tinggi ambang ujung)
- Y2 = 5,82 m (kedalaman air diatas ambang ujung)

Berdasarkan persamaan 2, diperoleh pajang kolam olak 32 m.

Bangunan Pengambilan (Intake)

Bangunan pengambilan (*intake*) terdiri dari pintu dan saluran pengambilan. Untuk memperkecil endapan pasir dan kerikil yang masih terbawa ke dalam saluran, maka ambang pintu pengambilan harus lebih tinggi dari dasar sungai atau lantai pembilas bendung. Bangunan pengambilan direncanakan dilengkapi dengan pintu pengatur debit.



Sumber : Standar perencanaan irigasi KP-02, 1986

Gambar 1. Tipe Pintu Pengambilan

$$Q = \mu \cdot b \cdot a \cdot \sqrt{2g \cdot Z} \dots\dots\dots [4]$$

- Q = 3,46 m³/det (debit rencana)
- μ = 0,8 (KP-02 Bangunan Utama)
- b = 2 m (lebar pintu)
- g = 9,81 m/det² (gravitasi)
- Z = 0,15 m (KP-02 Bangunan Utama)

Berdasarkan persamaan 3, diperoleh lebar pintu 2 m, tinggi pintu 1,4 m, dan jumlah pintu 2 buah.

Saluran Terbuka

Saluran terbuka direncanakan mengikuti elevasi kontur sehingga dapat meminimalkan volume pekerjaan timbunan dan galian. Kriteria desain pada perencanaan dimensi dan debit saluran terbuka PLTA Kalibeber menggunakan persamaan *manning*.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots [5]$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots [6]$$

- Q = 4,15 m³/det (debit rencana)
- b/h = 3 (Direktorat Irigasi Pedoman Perhitungan Dimensi Saluran)
- 1 : m = 1 : 1,5 (Direktorat Irigasi Pedoman Perhitungan Dimensi Saluran)

V = 0,6 m (kecepatan aliran)

R = 0,81 m (jari-jari hidrolis)

Berdasarkan persamaan 3, diperoleh lebar 4 m, tinggi 1,5 m, tinggi jagaan 0,6 m dan kemiringan saluran 1:1,5.

Kantong Lumpur

Kantong lumpur berfungsi untuk menghindari masuknya bahan-bahan endapan ke dalam turbin.

$$L \cdot B = \frac{Q_n}{w} \dots\dots\dots [7]$$

$Q_n = 4,15$ m³/det (debit rencana)

$w = 0,0073$ m/det (kecepatan pengendapan partikel)

Berdasarkan persamaan 3, diperoleh lebar 8,5 m dan panjang 70 m.

Bak Penenang

Bak penenang berfungsi untuk menyeragamkan aliran sebelum masuk ke dalam pipa pesat (*penstok*) sehingga tidak terjadi turbulensi.

$$S = CxVxD^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots [8]$$

V = 1,96 m/det (kecepatan aliran)

C = 0,54 (koefisien)

D = 1,5 m (diameter penstok)

Berdasarkan persamaan 3, diperoleh lebar 9 m, panjang 19 m dan kedalaman bak penenang 4 m.

Pipa Pesat (*Penstok*)

Pipa pesat berfungsi mengalirkan air dari bak penenang ke turbin untuk memutar *runner blade*.

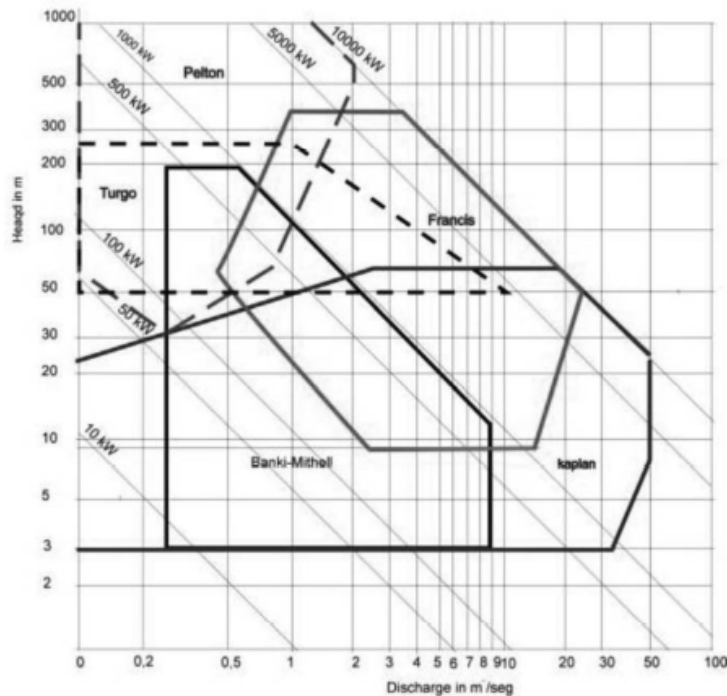
$$D = 0,72 \times (Q)^{0,5} \dots\dots\dots [9]$$

Q = 3,46 m³/det (debit rencana)

Berdasarkan persamaan 8, diperoleh Pipa pesat (*penstok*) dengan diameter 1,5 m dan tebal 6 mm.

Turbin

Turbin merupakan alat yang berfungsi mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini akan disalurkan ke generator untuk menghasilkan daya listrik.



Sumber : Indarto Agus, Juwono Tri Pitojo dan Rispiningtati. Kajian Potensi Sungai Srinjing untuk PLTMH Brumbung di Kabupaten Kediri, 2009

Gambar 1. Diagram Aplikasi berbagai Jenis Turbin

Berdasarkan gambar 1, maka digunakan turbin jenis kaplan.

Produksi Listrik

Daya Listrik

$$P = g \times Q \times H_{\text{eff}} \times \mu \dots\dots\dots [10]$$

$g = 9,81 \text{ m/det}^2$ (gravitasi)
 $Q = 3,46 \text{ m}^3/\text{det}$ (debit rencana)
 $H_{\text{eff}} = 51,53 \text{ m}$ (tinggi jatuh efektif)
 $\mu = 0,8$ (efisiensi turbin)

Energi Listrik

$$E = P \times \text{Lama operasi} \dots\dots\dots [11]$$

Lama operasi = 360 jam

Rekapitulasi produksi listrik selama 1 (satu) tahun.

Tabel 4.24 Produksi Energi Listrik

Bulan	Daya Listrik (kW)		Energi Listrik (kWh)	
	15 hari ke I	15 hari ke II	15 hari ke I	15 hari ke II
Januari	1.218,73	1.218,73	438.741,51	467.990,94
Februari	1.218,73	1.218,73	438.741,51	380.242,64
Maret	1.218,73	1.218,73	438.741,51	467.990,94
April	1.218,73	1.218,73	438.741,51	438.741,51
Mei	1.218,73	1.218,73	438.741,51	467.990,94
Juni	1.218,73	1.218,73	438.741,51	438.741,51
Juli	1.218,73	1.218,73	438.741,51	467.990,94
Agustus	1.218,73	1.218,73	438.741,51	467.990,94
September	1.218,73	1.207,62	438.741,51	434.742,64
Oktober	1.097,00	952,83	394.918,29	365.888,34
Nopember	1.036,05	1.218,73	372.979,71	438.741,51
Desember	1.218,73	1.218,73	438.741,51	467.990,94

Sumber : perhitungan dengan microsoft excel

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh debit banjir 50 tahunan sebesar 373,175 m³/detik sebagai dasar dalam desain bangunan bendung pada PLTA Kalibeber, sehingga diperoleh tinggi mercu 5 m, jari-jari mercu 2,5 m, tinggi vertikal bendung 16,5 m, panjang bendung 12,5 m dan pajang kolam olah 32 m. Debit andalan dengan probabilitas 90% sebesar 2,07 m³/det dan data debit inflow PLTA Garung sebesar 1,39 m³/det digunakan untuk desain bangunan pengambilan (*intake*), saluran pembawa, kantong lumpur, bak penenang dan pipa pesat (*penstok*) sehingga diperoleh dimensi *intake* dengan lebar pintu 2 m, tinggi pintu 1,4 m, dan jumlah pintu 2 buah. Bangunan pembilas bendung dengan lebar pintu pembilas 1,5 m, tinggi pintu pembilas 1 m, jumlah pintu pembilas 2 buah. Saluran terbuka dengan lebar 4 m, tinggi 1,5 m, tinggi jagaan 0,6 m dan kemiringan saluran 1:1,5. Kantong lumpur dengan lebar 8,5 m dan panjang 70 m. Bak penenang dengan lebar 9 m, panjang 19 m dan kedalaman bak penenang 4 m. Pipa pesat (*penstok*) dengan diameter 1,5 m dan tebal 6 mm. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTA Kalibeber dengan debit 3,46 m³/detik diperoleh daya sebesar 1.218,73 kW dan energi sebesar 438.741,51 kWh selama 15 hari pertama pada bulan januari. Energi tertinggi dihasilkan pada bulan Desember 15 hari terakhir sebesar 467.990,94 kWh dan energi terkecil dihasilkan pada bulan Februari 15 hari terakhir 365.888,34 kWh. Besarnya rata-rata energi listrik yang dihasilkan setiap tahun adalah 435.848,20 kWh.

REKOMENDASI

Perlu dilakukan alternatif desain dengan meninjau kemungkinan mengurangi saluran pembawa agar lebih efisien, sehingga dapat diperoleh desain yang lebih sederhana dan lebih ekonomis. Selain itu, perlu ditinjau desain pada kondisi musim normal, kering dan basah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penyusun ucapkan kepada Bapak Agus Hari Wahyudi, M.Sc. dan Bapak Ir. Solichin, MT. selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 dalam penelitian ini. Terima kasih kepada ayah, ibu, keluarga dan teman-teman yang telah memberi doa serta semangatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

REFERENSI

- Amalia, Rika., Santosa, Budi. *Perencanaan Kebutuhan Air pada Areal Irigasi Bendung Walahar*. Universitas Gunadarma. Jakarta.
- Anonim, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi*. Direktorat Pengairan.
- Anonim, 2006. *Standar Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Pembangkitan Energi Baru dan Terbarukan*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Aribowo, Ahmad., Hermawan., Purnaweni, Hartuti. *Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan PLTA di Desa Depok Kecamatan Lebakbarang Kabupaten Pekalongan*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Astuti, Yuli., Masrevaniah, Aniek., Marsudi, Suwanto. *Analisa Rembesan Bendungan Bajulmati Terhadap Bahaya Piping untuk Perencanaan Perbaikan Pondasi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Firmansyah, Ifhan., Mahmudsyah, Syariffuddin., Yuwono, Teguh. *Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTA) Dompok 50 kW di Desa Dompok, Bendungan, Trenggalek untuk Mewujudkan Desa Mandiri Energi (DME)*. Institut Teknologi 10 November. Surabaya.
- Indarto, Agus., Juwono, Pitojo., *Rispiningtati. Kajian Potensi Sungai Srinjing untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Brumbung di Kabupaten Kediri*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Indra, Zulfikar., Jasin., Binilang., Mamoto., 2012. *Analisis Debit Sungai dengan Metode Mock dan Nreca untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Kodoatie, Robert., 2001. *Hidrolika Terapan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Larosa, Eduard., Iskandar, Rudi. *Analisa Stabilitas Lereng Bendung Usu Kuala Berkala*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Napitupulu, Janter. *Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) dalam Pengelolaan Energi Hijau*. Universitas Darma Agung. Medan.
- Parastiwi, Andriani., Ekojono. *Analisis dan Desain Sistem Pakar untuk Prediksi Kelayakan Teknis Pembangkitan Listrik Tenaga Air*. Politeknik Negeri Malang. Malang.
- Pradana, Haska., 2012. *Analisis Struktur Bendungan Krenceng Terhadap Gempa*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Purnama, Setyawan., 2010. *Potensi Sumberdaya Air DAS Serayu*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Shaufi, Fiqri. *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTA) Berbantuan Program Casimir di Riam Pagung Desa Sanatab Kecamatan Sajingan Besar Kabupaten Sambas*. Universitas Tanjungpura.
- Triatmodjo, Bambang., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta

Wibisono, Ari., Juwono, Pitojo., Wicaksana, Prima. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Sungai Soko Desa Olung Siron Kecamatan Tanah Siang Kabupaten Murung Raya Provinsi Kalimantan Tengah*. Universitas Brawijaya. Malang.

Wijayanti, Paska., 2013. *Analisis Keruntuhan Bendungan Pacal*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.